

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-119145

(43)Date of publication of application : 15.04.2004

(51)Int.Cl.

H05B 33/22
H05B 33/14

(21)Application number : 2002-279715

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS
LTD

(22)Date of filing : 25.09.2002

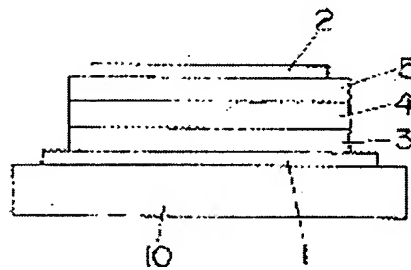
(72)Inventor : TSUBAKI KENJI
KONDO YUKIHIRO
KISHIGAMI YASUHISA
YOKOYAMA MASARU
NAKANISHI HIDEO
NAKAGAWA TERUO
SUEHIRO YASUHIKO

(54) ORGANIC EL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic EL element in which high efficiency of light emission can be achieved.

SOLUTION: The organic EL element in which a hole transporting layer 3, an organic light-emitting layer 4, and an electron transporting layer 5 are installed between a positive electrode 1 and a negative electrode 2 in this order. When an electron injection factor of the electron transporting layer 5 (voltage value in energizing a current of 10 mA/cm² in an Al/electron transport layer/Al) is taken as V_e and a hole injection factor of the hole transporting layer 3 (the voltage value in energizing the current of 10 mA/cm² in an ITO/electron transport layer/Au) is taken as V_h , the hole transporting layer 3 and the electron transporting layer 5 are formed so that the relation becomes as $0.7 < V_e/V_h < 1.3$. Because a balance of electron injection from the electron transporting layer 5 and a hole injection from the hole transporting layer 3 is improved and flow of a carrier not participating in the light emission is decreased, the efficiency of the organic EL element is improved.



- 1 正極
- 2 陰極
- 3 ホール輸送層
- 4 有機発光層
- 5 電子輸送層

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.07.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-119145

(P2004-119145A)

(43) 公開日 平成16年4月15日 (2004.4.15)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H 0 5 B 33/22	H 0 5 B 33/22	B
H 0 5 B 33/14	H 0 5 B 33/22	D
	H 0 5 B 33/14	A

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2002-279715 (P2002-279715)	(71) 出願人	000005832
(22) 出願日	平成14年9月25日 (2002.9.25)		松下電工株式会社
			大阪府門真市大字門真1048番地
		(74) 代理人	100087767
			弁理士 西川 恵清
		(74) 代理人	100085604
			弁理士 森 厚夫
		(72) 発明者	椿 健治
			大阪府門真市大字門真1048番地松下電
			工株式会社内
		(72) 発明者	近藤 行廣
			大阪府門真市大字門真1048番地松下電
			工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機EL素子

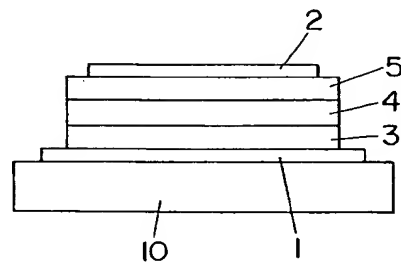
(57) 【要約】

【課題】 発光の高効率化を達成することができる有機EL素子を提供する。

【解決手段】 陽極1と陰極2の間にホール輸送層3、有機発光層4、電子輸送層5をこの順に設けた有機EL素子に関する。電子輸送層5の電子注入ファクター ($A1 / \text{電子輸送層} / A1$ に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通电したときの電圧値) を V_e 、ホール輸送層3のホール注入ファクター ($ITO / \text{電子輸送層} / Au$ に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通电したときの電圧値) を V_h すると、 $0.7 < V_e / V_h < 1.3$

の関係になるようにホール輸送層3と電子輸送層5を形成する。電子輸送層5からの電子注入とホール輸送層3からのホール注入のバランスが良くなって、発光に関与しないキャリアの流れが少なくなり、有機EL素子の効率が向上する。

【選択図】 図1



- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 ホール輸送層
- 4 有機発光層
- 5 電子輸送層

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と陰極の間にホール輸送層、有機発光層、電子輸送層をこの順に設けた有機 EL 素子において、電子輸送層の電子注入ファクター (A_1 / 電子輸送層 / A_1 に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通電したときの電圧値) を V_e 、ホール輸送層のホール注入ファクター (I_{TO} / 電子輸送層 / A_u に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通電したときの電圧値) を V_h すると、

$$0.7 < V_e / V_h < 1.3$$

の関係になるようにホール輸送層と電子輸送層を形成して成ることを特徴とする有機 EL 素子。

10

【請求項 2】

V_h 値の異なる少なくとも 2 種類の化合物を共蒸着した層又は V_h 値の異なる少なくとも 2 種類の化合物を積層した層でホール輸送層を形成して成ることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 EL 素子。

【請求項 3】

V_e 値の異なる少なくとも 2 種類の化合物を共蒸着した層又は V_e 値の異なる少なくとも 2 種類の化合物を積層した層で電子輸送層を形成して成ることを特徴とする請求項 1 に記載の有機 EL 素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は、フラットパネルディスプレイ、液晶表示機用バックライト、照明用光源などに用いられる有機 EL 素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

フラットパネルディスプレイ、液晶表示機用バックライト、照明用の光源などに用いられる発光体として、フラットパネルディスプレイの薄型化、液晶表示機を備える電子機器の小型化や薄型化、あるいは照明器具の形状の自由化などのために、薄く、軽量であり、かつ高効率であるものが近年ますます要求されるようになってきている。そしてこのような要求に応じることができるものとして、有機 EL 素子（有機エレクトロルミネッセンス素子）

30

【0003】

有機 EL 素子が低電圧で発光することは、イーストマン・コダック社の C. W. Tang らにより、電極間に二層の薄膜を積層した構成の素子において初めて示された (Appl. Phys. Lett., 51, 12, 913 (1987))。そしてこれ以降、有機 EL 素子は、電池などの 10 V 程度の低電圧で $100 \sim 100000 \text{ cd} / \text{m}^2$ 程度の高輝度の発光が可能で、蛍光物質を構成する材料の組み合わせで多数の色を発光させることが可能なこと、非常に薄い面発光体として使用可能なこと、などから産業界で注目され、素子構成に改良を加えた種々の薄膜構成の有機 EL 素子が検討されている。

【0004】

40

ここで、有機 EL 素子の基本的な素子構成は、陽極 / 有機発光層 / 陰極であるが、その他、陽極 / ホール輸送層 / 有機発光層 / 電子輸送層 / 陰極の構成、陽極 / ホール注入層 / ホール輸送層 / 有機発光層 / 電子輸送層 / 陰極の構成、陽極 / ホール注入層 / 有機発光層 / 電子輸送層 / 電子注入層 / 陰極の構成、陽極 / ホール注入層 / 有機発光層 / 電子注入層 / 陰極の構成など、種々の構成のものが挙げられる。

【0005】

そして有機 EL 素子の開発は近年急速に進み、一部実用化に至っているが、更なる高効率化が望まれている。例えば、陽極 / ホール輸送層 / 有機発光層 / 電子輸送層 / 陰極のような層構成を有する有機 EL 素子にあって、ホール輸送層や電子輸送層におけるホールや電子のキャリア注入バランスを向上させることによって、発光効率を高めることが検討され

50

ている。例えば特許文献1では、電子輸送層を特定のジフェノキノン誘導体で形成することによって、発光効率を上昇させるようにしている。

【0006】

【特許文献1】

特開平9-139288号公報（請求項1等）

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、現状では発光の高効率化はまだ十分とはいえないものであり、従って本発明は発光の高効率化を達成することができる有機EL素子を提供することを目的とするものである。

10

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1に係る有機EL素子は、陽極と陰極の間にホール輸送層、有機発光層、電子輸送層をこの順に設けた有機EL素子において、電子輸送層の電子注入ファクター（ $A1/\text{電子輸送層}/A1$ に $10\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流を通電したときの電圧値）を V_e 、ホール輸送層のホール注入ファクター（ $ITO/\text{電子輸送層}/Au$ に $10\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流を通電したときの電圧値）を V_h すると、

$0.7 < V_e/V_h < 1.3$

の関係になるようにホール輸送層と電子輸送層を形成して成ることを特徴とするものである。

20

【0009】

また請求項2の発明は、請求項1において、 V_h 値の異なる少なくとも2種類の化合物を共蒸着した層又は V_h 値の異なる少なくとも2種類の化合物を積層した層でホール輸送層を形成して成ることを特徴とするものである。

【0010】

また請求項3の発明は、 V_e 値の異なる少なくとも2種類の化合物を共蒸着した層又は V_e 値の異なる少なくとも2種類の化合物を積層した層で電子輸送層を形成して成ることを特徴とするものである。

【0011】

【発明の実施の形態】

30

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0012】

図1は本発明に係る有機EL素子の層構成の一例を示すものであり、基板10の表面上に透明導電膜などからなる陽極1を積層し、陽極1の表面上にホール輸送層3を介して有機発光層4を積層すると共に、さらにこの有機発光層4の上に電子輸送層5を介して陰極2が積層してある。これを基本構成として有機EL素子、すなわち有機エレクトロルミネッセンス素子を形成することができるものであり、陽極1に正電圧を、陰極2に負電圧を印加すると、電子輸送層5を介して有機発光層4に注入された電子と、ホール輸送層3を介して有機発光層4に注入されたホールとが、有機発光層4内、又は有機発光層4とホール輸送層3の界面等にて再結合して発光が起こるものである。有機発光層4は一層あるいは複数層で形成されるものであり、有機発光層4を複数層に形成することによって、任意の色調において発光効率の高い有機EL素子を得ることができ、特に白色など、単一の発光性有機材料からなる単一層の有機発光層4では実現が難しい発光色を容易に、かつ必要に応じて任意に得ることが可能になる。

40

【0013】

ここで、一般に、有機EL素子の内部量子効率 η_i は次式で示される。

【0014】

内部量子効率 $\eta_i = \gamma \cdot \beta \cdot \phi_f$

上式において γ は電子とホールのキャリア注入バランス因子、 β はキャリア再結合による一重項励起子の生成効率、 ϕ_f は一重項励起子からの発光効率である。そして β は電子ス

50

ピンの量子的関係より一重項と三重項の励起確率が1:3であることから発光材料のタイプにより規定され、一重項発光材料の場合25%である。また ϕ_f も基本的に発光材料の蛍光量子効率に依存する。従って、素子構造的に有機EL素子の発光の効率化を高めるためには、すなわち有機EL素子の内部量子効率 η_i を向上させるためには、キャリア注入バランス因子 γ を制御する必要がある。

【0015】

そこで本発明者等は、有機EL素子の高効率化を達成するために鋭意研究を重ねた結果、本発明を完成したものであり、キャリア注入バランス因子 γ は、電子輸送層5の電子注入ファクター(V_e)とホール輸送層3のホール注入ファクター(V_h)の比として求めることができ($\gamma = V_e / V_h$)、

$$0.7 < \text{キャリア注入バランス因子 } \gamma = V_e / V_h < 1.3$$

の関係になるようにホール輸送層3と電子輸送層5を形成することによって、有機EL素子の高効率化を達成することができたものである。

【0016】

キャリア注入バランス因子 $\gamma = V_e / V_h$ が0.7以下では、電子注入がホール注入に比べて過剰であり、発光に関与しないキャリアの流れが存在してしまい、発光効率が低くなるものである。また逆にキャリア注入バランス因子 $\gamma = V_e / V_h$ が1.3以上では、ホール注入が電子注入に比べて過剰になり、同様に発光に関与しないキャリアの流れが存在してしまい、発光効率が低くなるものである。

【0017】

ここで、ホール輸送層3のホール注入ファクター(ホール注入指標)の V_h 値は、ホール輸送層3の一方の片側にITO(インジウムチンオキサイド)の電極を、他方の片側にAuの電極を設けたITO/ホール輸送層/Auの層構成で、ITO側をプラスに、Au側をマイナスに接続し、順方向に電圧を印加して10mA/cm²の電流を流したときの電圧値として定量化した数値である。また電子輸送層5の電子注入ファクター(電子注入指標)の V_e 値は、電子輸送層5の両側にそれぞれAlの電極を設けたAl/電子輸送層/Alの層構成で、一方のAl側をプラスに、他方のAl側をマイナスに接続し、順方向に電圧を印加して10mA/cm²の電流を流したときの電圧値として定量化した数値である。

【0018】

尚、電子輸送層5の電子注入ファクター V_e 値を求める場合、通常は電子輸送層5の単層で上記の電圧値の測定を行なうが、形成しようとする有機EL素子の電子輸送層5の厚みが300Å以下である場合、測定の際に短絡が生じることがある。このため、この場合には有機発光層4に用いる材料を電子輸送層5と積層した状態で上記の電圧値の測定を行なうようにして、電子輸送層5の電子注入ファクター V_e 値を求める。ホール輸送層3のホール注入ファクター V_h 値を求める場合、ホール輸送層3が300Å以下である場合も同様にして測定を行なう。また、形成しようとする有機EL素子の陰極2にNa等のアルカリ金属など、Alより仕事関数が小さな金属を用いる場合、電子注入性能がAlより高くなるので、Alより仕事関数が小さな金属の層をAlと電子輸送層5の間に挿入した状態で、電子輸送層5の電子注入ファクター V_e 値を求める。

【0019】

そして、ホール輸送層3の材料や層厚などを変えることによって、ホール輸送層3のホール注入ファクターの V_h 値を調整することができ、また電子輸送層5の材料や層厚などを変えることによって、電子輸送層5の電子注入ファクターの V_e 値を調整することができるものであり、 $0.7 < V_e / V_h < 1.3$ になるように、ホール注入ファクター V_h を調整したホール輸送層3と電子注入ファクター V_e を調整した電子輸送層5を組み合わせることで有機EL素子を作製することによって、高発光効率の有機EL素子を得ることができるものである。

【0020】

ここで、従来からホール輸送性材料や電子輸送性材料として知られている既存の材料を用

10

20

30

40

50

いてホール輸送層 3 や電子輸送層 5 を形成する場合、一種類の材料だけでホール輸送層 3 や電子輸送層 5 を形成するときには、所期のホール注入ファクター V_h 値や電子注入ファクター V_e 値を得ることが難しいことが多い。そこでこの場合には、 V_h 値の異なる複数種類の化合物を共蒸着した層や、 V_h 値の異なる複数種類の化合物を積層した層でホール輸送層 3 を形成することによって、既存の材料の範囲内で所期のホール注入ファクター V_h 値を有するホール輸送層 3 を容易に形成することができるものであり、また、 V_e 値の異なる複数種類の化合物を共蒸着した層や、 V_e 値の異なる複数種類の化合物を積層した層で電子輸送層 5 を形成することによって、既存の材料の範囲内で所期の電子注入ファクター V_e 値を有する電子輸送層 5 を容易に形成することができるものである。 V_h 値や V_e 値の異なる複数種類の材料を共蒸着したり、積層したりする際の、共蒸着比率や、積層の膜厚比率は、所期のホール注入ファクター V_h 値や電子注入ファクター V_e 値を得るために、任意の範囲で適宜設定することができるものである。

10

【0021】

有機 EL 素子を構成する上記の各層の材料には、従来から使用されている公知のものを適宜使用することができる。すなわち、上記の基板 10 としては、有機発光層 4 で発光された光が基板 10 を通して出射されるものである場合には、光透過性を有するものが使用されるが、無色透明のもの他に、多少着色されているものや、スリガラス状のものであってもよい。例えば、ソーダライムガラス、無アルカリガラスなどの透明ガラス板、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド、エポキシ樹脂、フッ素系樹脂などの樹脂から任意の方法で作製されたプラスチックフィルムやプラスチック板などを用いることができる。

20

【0022】

上記の陽極 1 は有機発光層 4 にホールを注入するための電極であり、この陽極 1 としては、仕事関数の大きい金属、合金、電気伝導性化合物、あるいはこれらの混合物からなる電極材料を用いるのが好ましく、特に仕事関数が 4 eV 以上の電極材料を用いるのが好ましい。このような電極材料としては、具体的には、金などの金属、 CuI 、 ITO 、 SnO_2 、 ZnO 、 IZO （インジウムジンクオキサイド）等の導電性透明材料があげられる。例えばこれらの電極材料を基板 10 の上に真空蒸着法やスパッタリング法等の方法で成膜することによって、陽極 1 を薄膜として作製することができる。有機発光層 4 における発光を陽極 1 を透過させて基板 10 から外部に照射する場合には、陽極 1 の光透過率を 10% 以上にすることが好ましい。また、陽極 1 のシート抵抗は数百 Ω/\square 以下であることが好ましく、特に $100\Omega/\square$ 以下であることが好ましい。さらに陽極 1 の膜厚は、陽極 1 の光透過率、シート抵抗等の特性を上記のように制御するために、材料により異なるが、通常 500 nm 以下に設定するのが好ましく、より好ましくは $10\sim 200\text{ nm}$ の範囲である。

30

【0023】

また上記の陰極 2 は、有機発光層 4 に電子を注入するための電極であり、この陰極 2 としては、仕事関数の小さい金属、合金、電気伝導性化合物及びこれらの混合物からなる電極材料を用いることが好ましく、仕事関数が 5 eV 以下の電極材料を用いるのが好ましい。このような電極材料としては、アルカリ金属、アルカリ金属のハロゲン化物、アルカリ金属の酸化物、アルカリ土類金属等や、これらと他の金属との合金などを用いることができるものであり、例えばナトリウム、ナトリウム-カリウム合金、リチウム、マグネシウム、アルミニウム、マグネシウム-銀混合物、マグネシウム-インジウム混合物、アルミニウム-リチウム合金、 $\text{Al}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 混合物、 Al/LiF 混合物などを例として挙げることができる。

40

【0024】

陰極 2 は、例えば上記の電極材料を、真空蒸着法やスパッタリング法等の方法により、薄膜に形成することによって作製することができる。また、有機発光層 4 における発光を陰極 2 を透過させて外部に照射する場合には、陰極 2 の光透過率を 10% 以上にすることが好ましい。ここで、陰極 2 の膜厚は、陰極 2 の光透過率等の特性を上記のように制御するために、材料により異なるが、通常 500 nm 以下に設定するのが好ましく、好ましくは

50

1000～2000nmの範囲とするのがよい。

【0025】

上記の有機発光層4は、ホスト材料に蛍光材料を分散してドーピングした有機材料よりなるものである。このホスト材料はキャリアの注入を持続する材料であり、電子輸送性の材料、ホール輸送性の材料のいずれとも使用することができ、後述のホール輸送層3を構成するホール輸送性材料や、電子輸送層5を構成する電子輸送性材料を用いることができる。

【0026】

また本発明において有機発光層4に使用できる発光材料またはドーピング材料としては、アントラセン、ナフタレン、ピレン、テトラセン、コロネン、ペリレン、フタロペリレン、ナフタロペリレン、ジフェニルブタジエン、テトラフェニルブタジエン、クマリン、オキサジアゾール、ビスベンゾキサゾリン、ビススチリル、シクロペンタジエン、キノリン金属錯体、トリス(8-ヒドロキシキノリナート)アルミニウム錯体、トリス(4-メチル-8-キノリナート)アルミニウム錯体、トリス(5-フェニル-8-キノリナート)アルミニウム錯体、アミノキノリン金属錯体、ベンゾキノリン金属錯体、トリー(p-ターフェニル-4-イル)アミン、1-アリール-2,5-ジ(2-チエニル)ピロール誘導体、ピラン、キナクリドン、ルブレン、ジスチルベンゼン誘導体、ジスチルアリーレン誘導体、及び各種蛍光色素等があるが、これらに限定されるものではない。またこれらの化合物のうちから選択される発光材料を90～99.5質量部、ドーピング材料を0.5～10質量部含むようにすることも好ましい。この有機発光層3の厚みは0.5～500nmが好ましく、特に0.5～200nmが好ましい。

【0027】

そして、ホール輸送層3を構成するホール輸送性の材料としては、ホールを輸送する能力を有し、陽極1からのホール注入効果を有するとともに、有機発光層4や発光性有機化合物に対して優れたホール注入効果を有し、さらに電子のホール輸送層3への移動を防止し、かつ薄膜形成能力の優れた化合物を用いることができる。具体的にはフタロシアニン誘導体、ナフタロシアニン誘導体、ポルフィリン誘導体、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン(TPD)や4,4'-ビス[N-(ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル(α-NPD)等の芳香族ジアミン化合物、オキサゾール、オキサジアゾール、トリアゾール、イミダゾール、イミダゾロン、スチルベン誘導体、ピラゾリン誘導体、テトラヒドロイミダゾール、ポリアリーラルカン、ブタジエン、4,4',4''-トリス(N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ)トリフェニルアミン(m-MTDA)、及びポリビニルカルバゾール、ポリシラン、ポリエチレンジオキサイドチオフェン(PEDOT)等の導電性高分子など、高分子材料が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0028】

また電子輸送層5を構成する電子輸送性の材料としては、電子を輸送する能力を有し、陰極2からの電子注入効果を有するとともに、有機発光層4や発光性有機化合物に対して優れた電子注入効果を有し、さらにホールの電子輸送層5への移動を防止し、かつ薄膜形成能力の優れた化合物を用いることができる。具体的には、フルオレン、バソフェナントロリン、バソクプロイン、アントラキノジメタン、ジフェノキノン、オキサゾール、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール、イミダゾール、アントラキノジメタン等やそれらの化合物、金属錯体化合物もしくは含窒素五員環誘導体を挙げることができる。上記の金属錯体化合物としては、具体的には、トリス(8-ヒドロキシキノリナート)アルミニウム、トリス(2-メチル-8-ヒドロキシキノリナート)アルミニウム、トリス(8-ヒドロキシキノリナート)ガリウム、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナート)ベリリウム、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナート)亜鉛、ビス(2-メチル-8-キノリナート)(o-クレゾラート)ガリウム、ビス(2-メチル-8-キノリナート)(1-ナフトラート)アルミニウム等があるが、これらに限定されるものではない。また上記の含窒素五員環誘導体としては、オキサゾール、チアゾール、オキサジアゾール、チアジアゾールもしくはトリアゾール誘導体が好ましい。具体的には、2,5-ビス(

10

20

30

40

50

1-フェニル)-1, 3, 4-オキサゾール、2, 5-ビス(1-フェニル)-1, 3, 4-チアゾール、2, 5-ビス(1-フェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾール、2-(4'-tert-ブチルフェニル)-5-(4"-ビフェニル)1, 3, 4-オキサジアゾール、2, 5-ビス(1-ナフチル)-1, 3, 4-オキサジアゾール、1, 4-ビス[2-(5-フェニルチアジアゾリル)]ベンゼン、2, 5-ビス(1-ナフチル)-1, 3, 4-トリアゾール、3-(4-ビフェニルイル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 2, 4-トリアゾール等があるが、これらに限定されるものではない。

【0029】

【実施例】

次に、本発明を実施例によって具体的に説明する。

【0030】

(ホール注入ファクター V_h の測定)

厚み0.7mmのガラス基板11の表面に、ITOをスパッタしてシート抵抗 $7\Omega/\square$ のITO層12を形成したITOガラス(三容真空社製)を用い、これをアセトン、純水、イソプロピルアルコールで15分間超音波洗浄した後、乾燥させ、さらにUVオゾン洗浄した。そしてこのITOガラス基板11を真空蒸着装置にセットし、後記のホール輸送層用の材料を蒸着して、ITO層12の上にホール輸送層3を形成した後、さらにAuを $10\text{\AA}/s$ の蒸着速度で 1000\AA 厚に蒸着して、ホール輸送層3の上にAu層13を形成した(図2(a)参照)。

【0031】

ここで、上記のホール輸送層用の材料として4, 4'-ビス[N-(ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル(株式会社同仁化学研究所製:以下 α -NPDと略す)を用い、 α -NPDを厚み 800\AA に蒸着して形成したホール輸送層3を「H1」とする。

【0032】

また、上記のホール輸送層用の材料として α -NPDを用い、 α -NPDを厚み 1600\AA に蒸着して形成したホール輸送層3を「H2」とする。

【0033】

さらに、上記のホール輸送層用の材料として α -NPDとジスチリルビフェニル誘導体(DPVBi)を用い、 α -NPDとDPVBiを1:1の質量比で厚み 800\AA に共蒸着して形成したホール輸送層3を「H3」とする。

【0034】

そして、「H1」～「H3」のホール輸送層3について、図2(a)のようにITO層12側をプラス、Au層13側をマイナスとして電源(東陽テクニカ社製「KEITHLEY 236モデル」)に接続し、 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流を流したときの電圧値を測定して、「H1」～「H3」のホール輸送層3のホール注入ファクター V_h を求めた。結果を[表1]に示す。

【0035】

【表1】

	ホール輸送層	V_h (@ $10\text{mA}/\text{cm}^2$)
H1	α -NPD (800 \AA)	2.8
H2	α -NPD (1600 \AA)	4.1
H3	α -NPD:DPVBi (1:1, 800 \AA)	3.2

【0036】

(電子注入ファクター V_e の測定)

厚み0.7mmのガラス基板14をアセトン、純水、イソプロピルアルコールで15分間超音波洗浄した後、乾燥させ、さらにUVオゾン洗浄した。そしてこのガラス基板14を

10

20

30

40

50

真空蒸着装置にセットし、A1を 10 \AA/s の蒸着速度で 500 \AA 厚に蒸着してA1層15を形成した後、後記の電子輸送用の材料を蒸着して、A1層15の上に電子輸送層5を形成し、さらにA1を 10 \AA/s の蒸着速度で 1000 \AA 厚に蒸着して、電子輸送層5の上にA1層16を形成した(図2(b)参照)。

【0037】

ここで、上記の電子輸送用の材料として、トリス(8-ヒドロキシキノリナート)アルミニウム(ケミプロ化成株式会社製:以下A1qと略す)を用い、A1層15の上に、有機発光層4に使用するDPVBiを 600 \AA 厚、A1qを 100 \AA 厚、Naを 5 \AA 厚の順に蒸着して、 100 \AA 厚のA1qによって電子輸送層5を形成し、この電子輸送層5を「E1」とする。

10

【0038】

また上記の電子輸送用の材料として、バソクプロイン(株式会社同仁化学研究所製:以下BCPと略す)を用い、A1層15の上にDPVBiを 600 \AA 厚、BCPを 100 \AA 厚、Naを 5 \AA 厚の順に蒸着して、 100 \AA 厚のBCPによって電子輸送層5を形成し、この電子輸送層5を「E2」とする。

【0039】

さらに上記の電子輸送用の材料として、A1qとBCPを用い、A1層15の上にDPVBiを 600 \AA 厚、A1qとBCPを質量比1:1で共蒸着した層を 100 \AA 厚、Naを 5 \AA 厚の順に蒸着して、 100 \AA 厚のA1qとBCPの共蒸着層によって電子輸送層5を形成し、この電子輸送層5を「E3」とする。

20

【0040】

そして、「E1」～「E3」の電子輸送層5について、図2(b)のようにA1層15側をプラス、A1層16側をマイナスとして電源(東陽テクニカ社製「KEITHLEY 236モデル」)に接続し、 10 mA/cm^2 の電流を流したときの電圧値を測定して、「E1」～「E3」の電子輸送層5の電子注入ファクター V_e を求めた。結果を[表2]に示す。

【0041】

【表2】

	電子輸送層	V_e (@ 10 mA/cm^2)
E1	DPVBi (600 \AA)/A1q (100 \AA)/Na (5 \AA)	4.8
E2	DPVBi (600 \AA)/BCP (100 \AA)/Na (5 \AA)	2.4
E3	DPVBi (600 \AA)/A1q:BCP (1:1, 100 \AA)/Na (5 \AA)	3.3

30

【0042】

(実施例1)

厚み 0.7 mm の透明ガラス基板10の表面に、ITOをスパッタしてシート抵抗 $7 \Omega/\square$ の透明電極からなる陽極1を形成したITOガラス(三容真空社製)を用い、これをアセトン、純水、イソプロピルアルコールで15分間超音波洗浄した後、乾燥させ、さらにUVオゾン洗浄した。

40

【0043】

次に、このITOガラス基板10を真空蒸着装置にセットし、 $1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ の減圧下、 α -NPDを $1 \sim 2 \text{ \AA/s}$ の蒸着速度で 800 \AA 厚に蒸着し、陽極1の上にホール輸送層3(「H1」に相当する)を形成した。

【0044】

次に、ホール輸送層3の上に、ジスチリルピフェニル誘導体(DPVBi)にドーパントとして末端にカルbazol基を有するDSA誘導体(BCzVBi)を12質量%ドーブした層を 600 \AA 厚で蒸着し、有機発光層4を形成した。

【0045】

続いて、有機発光層4の上に、BCPを 100 \AA 厚に蒸着し、電子輸送層5(「E2」に

50

相当する)を形成した。次いで、電子輸送層5の上にナトリウムディスペンサー(SAES Getters社製)を用いてNaを5Å厚で蒸着し、最後にこの上にAlを10Å/sの蒸着速度1000Å厚に蒸着して陰極2を形成した。

【0046】

この後、これらの各層を蒸着して形成した基板10を露点-76℃以下のドライ窒素雰囲気グローブボックスに大気に曝露することなく搬送した。一方、通気性を有する袋に吸水剤として酸化バリウム粉末を入れてこれをガラス製の封止板に粘着剤で貼り付けると共に封止板の外周部に紫外線硬化樹脂製のシール剤を塗布したものを予め用意した。そしてグローブボックス内において基板10に封止板をシール剤で貼り合わせ、UV照射してシール剤を硬化させることによって封止板で各層を封止した有機EL素子を得た。

10

【0047】

(実施例2)

実施例1において、陽極3の上に α -NPDを1~2Å/sの蒸着速度で1600Å厚に蒸着してホール輸送層3(「H2」に相当する)を形成した。また有機発光層4の上にAlqを100Å厚に蒸着して電子輸送層5(「E1」に相当する)を形成した。その他は実施例1と同様にして有機EL素子を得た。

【0048】

(実施例3)

実施例1において、陽極3の上に α -NPDとDPVBiを1:1の質量比で厚み800Åに共蒸着してホール輸送層3(「H3」に相当する)を形成した。また有機発光層4の上にAlqとBCPを質量比1:1で100Å厚に共蒸着して電子輸送層5(「E3」に相当する)を形成した。その他は実施例1と同様にして有機EL素子を得た。

20

【0049】

(比較例1)

実施例1において、有機発光層4の上にAlqを100Å厚に蒸着して電子輸送層5(「E1」に相当する)を形成した。その他は実施例1と同様にして有機EL素子を得た。

【0050】

(比較例2)

実施例1において、陽極3の上に α -NPDを1600Å厚に蒸着してホール輸送層3(「H2」に相当する)を形成した。その他は実施例1と同様にして有機EL素子を得た。

30

【0051】

上記のようにして実施例1~3及び比較例1~2で得た有機EL素子を電源(東陽テクニカ社製「KEITHLEY236モデル」)に接続し、1000cd/m²の輝度で発光するのに必要な電圧と電流を測定して、消費電力と電流効率を求めた。その結果を表3に示す。

【0052】

【表3】

	V _h	V _e	$\gamma = V_e/V_h$	電圧(V) @1000cd/m ²	電流(mA/cm ²) @1000cd/m ²	消費電力 (mW/cm ²)	電流効率 (cd/A)
実施例1	2.8	2.4	0.86	4.7	9.5	44.7	10.5
実施例2	4.1	4.8	1.17	6.8	9.6	65.3	10.4
実施例3	3.2	3.3	1.03	5.5	10.2	56.1	9.8
比較例1	2.8	4.8	1.71	5.4	15.8	85.3	6.3
比較例2	4.1	2.4	0.59	5.8	15.1	87.6	6.6

40

【0053】

表3にみられるように、0.7<キャリア注入バランス因子 $\gamma = V_e/V_h < 1.3$ の関係になるようにホール輸送層3と電子輸送層5を組み合わせた各実施例の有機EL素子は

50

、消費電力が小さく、また電流効率が大きいことにより、効率が高いことが確認される。

【0054】

【発明の効果】

上記のように本発明の請求項1に係る有機EL素子は、陽極と陰極の間にホール輸送層、有機発光層、電子輸送層をこの順に設けた有機EL素子において、電子輸送層の電子注入ファクター (A_1 / 電子輸送層 / A_1 に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通电したときの電圧値) を V_e 、ホール輸送層のホール注入ファクター (ITO / 電子輸送層 / A_u に $10 \text{ mA} / \text{cm}^2$ の電流を通电したときの電圧値) を V_h すると、

$$0.7 < V_e / V_h < 1.3$$

の関係になるようにホール輸送層と電子輸送層を形成するようにしたので、電子輸送層からの電子注入とホール輸送層からのホール注入のバランスが良くなって、発光に関与しないキャリアの流れが少なくなり、有機EL素子の効率を向上することができ、発光の高効率化を達成することができるものである。

【0055】

また請求項2の発明は、請求項1において、 V_h 値の異なる少なくとも2種類の化合物を共蒸着した層又は V_h 値の異なる少なくとも2種類の化合物を積層した層でホール輸送層を形成するようにしたので、既存の材料の範囲内で所期のホール注入ファクター V_h 値を有するホール輸送層を容易に形成することができるものである。

【0056】

また請求項3の発明は、 V_e 値の異なる少なくとも2種類の化合物を共蒸着した層又は V_e 値の異なる少なくとも2種類の化合物を積層した層で電子輸送層を形成するようにしたので、既存の材料の範囲内で所期の電子注入ファクター V_e 値を有する電子輸送層を容易に形成することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の有機EL素子の層構成の一例を示す概略図である。

【図2】 (a) はホール注入ファクター V_h の測定を示す概略図、(b) は電子注入ファクター V_e の測定を示す概略図である。

【符号の説明】

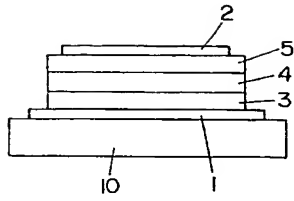
- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 ホール輸送層
- 4 有機発光層
- 5 電子輸送層

10

20

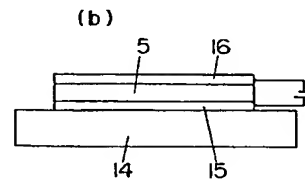
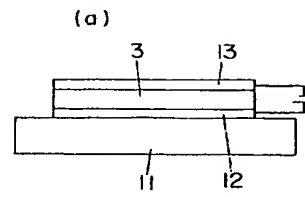
30

【図 1】



- 1 陽極
- 2 陰極
- 3 ホール輸送層
- 4 有機発光層
- 5 電子輸送層

【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 岸上 泰久
大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地松下電工株式会社内
- (72)発明者 横山 勝
大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地松下電工株式会社内
- (72)発明者 中西 秀雄
大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地松下電工株式会社内
- (72)発明者 中川 照雄
大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地松下電工株式会社内
- (72)発明者 末廣 康彦
大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地松下電工株式会社内
- F ターム(参考) 3K007 AB03 AB05 DB03 FA01